

⑫ 公開特許公報(A) 平2-74013

⑮ Int. Cl.³

H 01 F 10/16
C 22 C 19/07
G 11 B 5/66
5/706

識別記号

C

庁内整理番号

7354-5E
6813-4K
7350-5D
7350-5D

⑬ 公開 平成2年(1990)3月14日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 磁性薄膜

⑯ 特 願 昭63-226265

⑰ 出 願 昭63(1988)9月9日

⑱ 発 明 者 岡 部 明 彦 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑱ 発 明 者 林 和 彦 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑱ 発 明 者 早 川 正 俊 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑱ 発 明 者 阿 蘇 興 一 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
⑲ 出 願 人 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号
⑳ 代 理 人 弁理士 松隈 秀盛

明 細 書

発明の名称 磁性薄膜

特許請求の範囲

 $(\text{Co}_a \text{Pt}_b \text{M}_c)_{100-x} \text{O}_x$ (但し、 a, b, c, x は原子%)

なる組成式で示され、その組成範囲が、

 $a = 100 - b - c$ $0 \leq b \leq 50$ $0.1 \leq c \leq 30$ $0 \leq x \leq 15$

であり、

上記MはTi, Zr, V, Cr, Nb, Mo, Ta, Wのうちの1種以上である

ことを特徴とする磁性薄膜。

発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、磁性薄膜例えば垂直磁気記録媒体に係わる。

(発明の概要)

本発明による磁性薄膜は、組成式が

 $(\text{Co}_a \text{Pt}_b \text{M}_c)_{100-x} \text{O}_x$ (但し、 a, b, c, x は原子%)

なる組成式で示され、その組成範囲が、

 $a = 100 - b - c$ $0 \leq b \leq 50$ $0.1 \leq c \leq 30$ $0 \leq x \leq 15$

であり、上記Mが、Ti, Zr, V, Cr, Nb, Mo, Ta, Wのうちの1種以上である磁性薄膜を構成することによって高い垂直保磁力 H_c^{\perp} ないしは高飽和磁束密度を有し高い垂直異方性磁界を保持した垂直磁気記録媒体として好適な磁性薄膜を得る。

(従来の技術)

従来の薄膜磁気記録媒体として用いられる磁性薄膜の、等方性、すなわち面内磁化による磁性薄膜としては、CoNi, CoP, CoPt等の合金磁性薄膜が知られている。これらCoNi及びCoPによる各磁性薄膜は、柱状構造を利用した硬磁気特性で、そ

の飽和磁束密度 B_s は約 10 kG、保磁力 H_c は、約 1 (kOe) ないしはそれ以下である。また、CoPt 磁性薄膜については、例えば特開昭 58-200513 号公報にその開示があるが、この場合、その膜厚が 300 Å 以下においては 1.5 (kOe) 以上に及び高い保磁力 H_c を示すものの、その膜厚が大となると、 B_s は 10 kG 前後で、 H_c は高々 700 (Oe) である。

また、一方垂直磁化による磁性薄膜としては、CoCr、CoMo、CoV、CoNi 等の合金磁性薄膜が知られている。この場合、これら合金のうち、最も磁気特性の優れている CoCr 系についてその代表的な磁気特性をみると、 B_s が 4 (kG) ~ 6 (kG) であり、垂直保磁力 $H_{c\perp}$ は、この合金膜のスパッタリング等の被着成膜時の基板温度が 150 °C 加熱の場合は、約 1.5 (kOe) に及び値を示すものの、その成膜時の基板温度が、室温程度である場合は、約 300 (Oe) である。そして、垂直方向の角型比 (M_r/M_s) \perp は約 0.2、異方性磁界 H_k は約 4 ~ 6 (kOe) である。この場合、その B_s が比較的低いという課題と共にその $H_{c\perp}$ は、成膜時の基板温度

を高くしないと高い値を得ることができないことから、その基板としては耐熱性の低い安価なポリエチレンテレフタレート (PET) 基板を用いることができないという課題がある。

(発明が解決しようとする課題)

本発明は上述の課題を解決して成膜時の基板温度を高めることなく、充分高い飽和磁束密度或いは (及び) 高い保磁力を得ることができる磁性薄膜を提供する。

(課題を解決するための手段)

本発明は、CoPtB 系合金、ないしは CoB 系合金によるものであり、特に、

$$(Co_a Pt_b B_c)_{100-x} O_x$$

(但し、a, b, c, x は原子%)

なる組成式で示され、その組成範囲が、

$$a = 100 - b - c$$

$$0 \leq b \leq 50$$

$$0.1 \leq c \leq 30$$

$$0 \leq x \leq 15$$

であって、上記 M が、Ti, Zr, V, Cr, Nb, Mo, Ta, W のうちの 1 種以上である磁性薄膜を構成する。

(作用)

本発明による磁性薄膜は、成膜時の基板温度を高めることなくまた比較的厚い膜厚でも高い保磁力 H_c 、ないしは高い飽和磁束密度、高い異方性磁界を得ることができ、垂直磁化膜として用いて好適な特性を呈する。

(実施例)

スライドガラス基板上に、マグネトロン型スパッタ装置によって磁性薄膜を作製する。そのスパッタ条件は、例えば

バックグラウンド真空度 P_{BG} : 4.0×10^{-6} Torr
基板エッチング: 高周波 300 W, 5 分間
基板温度: 室温
スパッタ投入電力: 高周波 300 W

アルゴンガス圧: 8×10^{-3} Torr

アルゴン流量: 60 cc/分

スパッタ時間: 約 10 分間

磁性薄膜の膜厚: 5000 Å

とした。この場合のターゲットは、直径 4 インチ、厚さ 3 mm の CoM 系の合金ターゲット上にその中心から、所望の広がり角を有する、厚さ 1 mm の Pt の扇形チップを 3 枚から 6 枚置いた複合ターゲットを用いる。或いは例えば直径 4 インチ、厚さ 3 mm の CoMPt 系合金ターゲットを用いる。

実施例 I

複合ターゲットを用い前記スパッタ方法及び条件で $Co_{76}Pt_{22}Ti_2$ の磁性薄膜を作製した。しかしながら、この場合、スパッタの開始に先立って行われるスパッタ室内の排気によって得られるバックグラウンド真空度 P_{BG} を変えた。そして各バックグラウンド真空度 P_{BG} でのそれぞれ得られた磁性薄膜 $Co_{76}Pt_{22}Ti_2$ 中の酸素濃度を測定した。また、この各 P_{BG} に等価な酸素分圧を、磁性薄膜中の酸素濃度との対応によって求めた。これらを、表 1

に示す。

Core Pt ₂₂ Ti ₂ 膜 中の酸素濃度 (原子%)	スパッタ前のバック グラウンド真空度 P _{BO} (Torr)	P _{BO} に等価な 酸素分圧 P _{O₂} (Torr)
0.3 ~ 0.8	1 × 10 ⁻⁶	10 × 10 ⁻⁶ 以下
4.2 ~ 10.7	4 × 10 ⁻⁶	50 × 10 ⁻⁶
5.5 ~ 13.8	20 × 10 ⁻⁶	約 200 × 10 ⁻⁶

表 1

この実施例においては、Core Pt₂₂ Ti₂ 膜についての膜中の酸素濃度と、P_{BO}及びP_{O₂}との関係をみたものであるが、他の組成のCoPtM系の磁性薄膜についても、これの酸素濃度と、P_{BO}及びP_{O₂}との関係は殆んど同等の関係となった。

実施例 2

前記スパッタ方法及び条件でP_{BO} = 4 μ Torrとして、各種合金ターゲット上にPtチップを載せた複合ターゲットを用いて各種組成の磁性薄膜を作製した。第1図A~Fにこれら各磁性薄膜についての使用したターゲット、つまり、使用した合金ターゲットの組成(原子%)と、これの上に配置したPt扇形チップのターゲット全体の表面積に対して占める割合(%)と、得られた薄膜の組成と、

濃度は、酸素ドーズ量の明確な標準試料との比較で2次イオン質量分析SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometer) 法とEPMA法とを併用して測定した。

尚、上述の各実施例においては、基板としてスライドガラス板を用いた場合であるが、そのほかポリイミド樹脂基板、結晶化ガラス基板を始めとして、PET 基板等各種基板を用いることもできる。

(発明の効果)

上述の本発明による磁性薄膜は、成膜時の基板温度を高めることなく、また、第1図でわかるように例えば5000Åに近い或いはこれ以上の膜厚においても、高いH_{c₁} ないしは飽和磁束密度と高い垂直異方性磁界H_{k₁}、つまり垂直磁気記録媒体としてすぐれた磁性薄膜を得ることができる。

更にまた、室温程度での成膜が可能であることから、PET 等の低廉な基板を用いることができるなど、実用上大きな利益を有する。

図面の簡単な説明

第1図A~Fはそれぞれ本発明による磁性薄膜

膜厚と、各磁気特性H_{c₁}、H_{c₂}、H_{k₁}、H_{k₂}、4πMs、Mr₁ / Mr₂の測定結果を示す。尚、これら各磁気特性は、第2図にその面内磁化曲線と垂直磁化曲線のモデル図上で示した各値、つまり、垂直保磁力H_{c₁}、面内保磁力H_{c₂}、異方性磁界H_{k₁}、H_{k₂}、飽和磁束密度4πMs、残留磁化比Mr₁ / Mr₂の測定結果である。尚、このようにして得た磁性薄膜中には、実施例1による表1から明らかなように、酸素が4.2 ~ 10.7原子%含まれる。

実施例 3

厚さ5000Åの(Core Pt₂₂ Ti₂)₉₅O₅の組成による磁性薄膜を作製した。この場合の磁化M-H曲線を第3図に示す。同図中実線曲線は垂直方向のM-H曲線、破線曲線は面内方向のM-H曲線を示す。

尚、上述したところにおいて磁気特性は、試料振動型磁力計によって測定されたものであり、膜組成は電子線プローブマイクロアナリシス(EPMA)と、I P C (Inductively Coupled Plasma Analysis) 発光分析の併用により測定し、表1の膜中の酸素

の各組成に対する磁気特性の測定結果を示す図、第2図はその説明に供するM-Hモデル図、第3図は本発明による磁性薄膜の一例のM-H曲線図である。

代理人 伊 藤 貞

同 松 隈 秀 盛

ターゲット〔合金ターゲット 組成(原子%) + Ptチップ (表面占有面積比(%))〕	薄膜組成(原子%)	膜厚 (nm)	H_c^{\perp} (Oe)	H_c^{\parallel} (Oe)	H_k^{\perp} (kOe)	H_k^{\parallel} (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_r^0
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	920	400	500	12.5	17	15.7	0.32
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	995	300	400	12.0		14.9	0.25
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	850	500	500	11.0		13.6	0.40
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	755	650	500	11.8		12.4	0.16
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	670	700	300	11.0		10.7	0.13
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	615	850	850	10.7	17	12.5	1.48
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	490	1050	1250	10.3	16	12.4	1.52
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	685	1200	1100	10.0	15	12.4	0.91
$Co_{90}Ti_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Ti_{10.5}Pt_{1.5}$	495	900	700	10.5	17	12.0	0.73
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	690	500	500	12.3	17	16.2	0.30
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	790	250	450	11.8		13.0	0.32
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	730	300	400	12.0		12.7	0.23

第1図 - A

ターゲット〔合金ターゲット 組成(原子%) + Ptチップ (表面占有面積比(%))〕	薄膜組成(原子%)	膜厚 (nm)	H_c^{\perp} (Oe)	H_c^{\parallel} (Oe)	H_k^{\perp} (kOe)	H_k^{\parallel} (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_r^0
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	610	650	450	11.8		12.4	0.17
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	595	100	0	—		11.8	0.08
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	570	750	550	10.5	15.5	15.7	1.30
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	620	1000	1250	10.5	16.0	13.5	1.35
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	490	700	500	10.3	17.0	12.7	0.25
$Co_{90}Zr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Zr_{10.5}Pt_{1.5}$	485	850	550	10.5	16.5	11.8	0.22
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	615	500	400	14.6		16.5	0.08
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	660	500	600	13.5		15.3	0.14
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	670	800	550	11.8		12.7	0.17
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	785	900	650	11.6		10.3	0.16
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	700	1000	500	8.5		9.9	0.25
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.5}Cr_{10.5}Pt_{1.5}$	500	1250	650	10.7	13.5	12.9	1.21

第1図 - B

ターゲット (合金ターゲット組成 (原子%) + Ptチップ (表面占有面積比 (%)))	薄膜組成 (原子%)	膜厚 (nm)	H_c^{\perp} (Oe)	H_c^{\parallel} (Oe)	H_k^{\perp} (kOe)	H_k^{\parallel} (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_s
$Co_{90}Cr_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Cr_{9.0}Pt_{1.0}$	550	1100	850	11.0	3.5	11.7	0.09
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	785	550	450	13.2		15.5	0.17
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	860	400	500	12.5		13.2	0.31
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	790	550	700	11.0		12.2	0.21
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	730	650	550	11.0		11.5	0.28
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	710	550	550	11.0		11.2	0.17
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	510	1500	750	10.5	17.0	12.9	1.35
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	600	1650	850	10.5	16.0	12.7	1.42
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	565	1200	900	11.0	8.5	11.8	1.17
$Co_{90}V_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}V_{9.0}Pt_{1.0}$	470	1500	1100	10.0	2.5	10.6	0.08
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	810	550	750	11.5		14.8	0.27
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	900	300	550	12.0		14.1	0.40

第 1 図 - C

ターゲット (合金ターゲット組成 (原子%) + Ptチップ (表面占有面積比 (%)))	薄膜組成 (原子%)	膜厚 (nm)	H_c^{\perp} (Oe)	H_c^{\parallel} (Oe)	H_k^{\perp} (kOe)	H_k^{\parallel} (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_s
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	765	300	500	11.7		12.9	0.31
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	570	700	650	12.5		12.8	0.14
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	490	650	650	12.2		11.9	0.13
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	585	1750	650	10.8	16.5	13.2	1.27
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	660	1600	850	10.5	16.0	12.9	1.28
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	590	1200	800	9.5	15.0	11.7	1.19
$Co_{90}Nb_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Nb_{9.0}Pt_{1.0}$	510	1100	1200	10.0	7.5	10.7	0.13
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{1.0}$	600	1000	500	13.5	17.5	16.9	0.14
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{1.0}$	650	900	500	12.8		14.5	0.13
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{1.0}$	665	750	500	11.5		13.6	0.17
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{1.0}$	550	500	500	10.5		12.4	0.16
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{1.0}$	580	250	400	10.0		12.1	0.26

第 1 図 - D

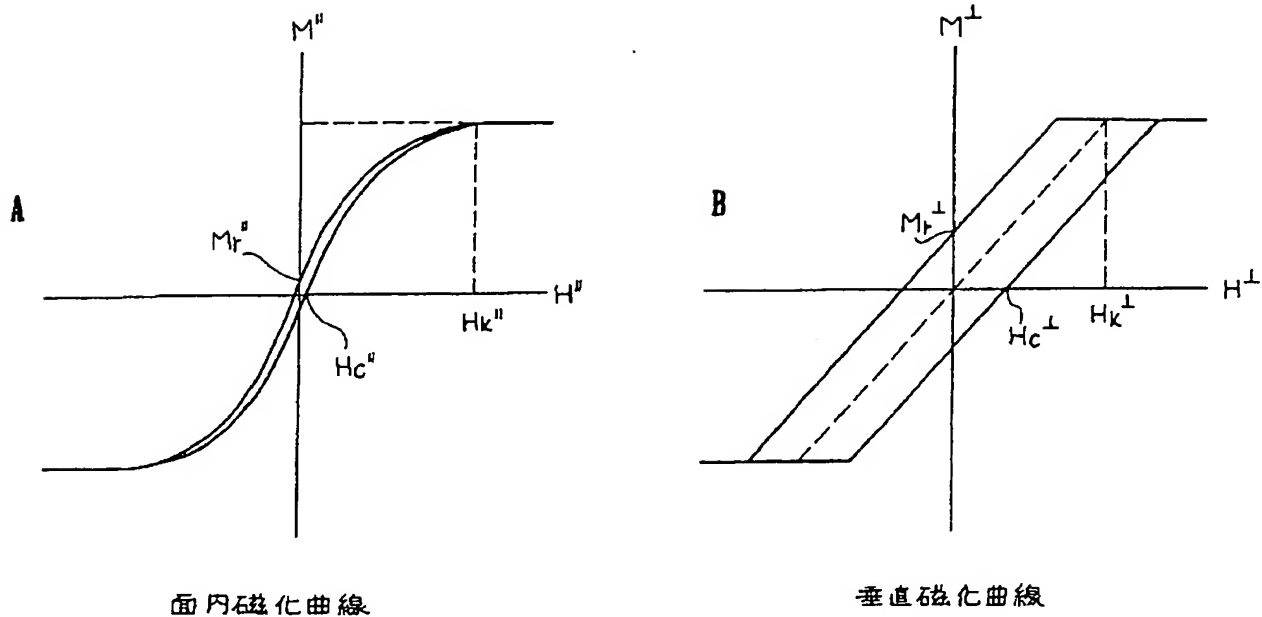
ターゲット〔合金ターゲット 組成(原子%) + Ptチップ (表面占有面積比(%))〕	薄膜組成(原子%)	膜厚 (nm)	H_c^L (Oe)	H_c^H (Oe)	H_k^L (kOe)	H_k^H (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_r^H
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.7}Mo_{9.3}Pt_{10.0}$	475	1500	750	10.7	16.5	12.7	1.29
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Mo_{9.0}Pt_{11.0}$	650	1300	950	10.7	15.0	12.3	1.31
$Co_{90}Mo_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.0}Mo_{8.0}Pt_{11.0}$	520	850	750	11.0	4.5	11.4	0.10
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	975	500	550	12.8		15.0	0.19
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.0}Ta_{8.0}Pt_{11.0}$	1050	500	500	13.8		14.8	0.18
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	820	450	300	12.5		13.2	0.18
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	785	400	250	12.8		11.9	0.07
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	680	700	250	12.0		12.0	0.10
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	675	1800	250	10.5	15.5	13.7	1.29
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	750	2100	1100	10.5	16.0	13.1	1.35
$Co_{90}Ta_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ta_{9.0}Pt_{11.0}$	520	1500	1500	11.5	4.5	12.2	0.19
$Co_{90}W_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}W_{9.0}Pt_{11.0}$	910	450	750	11.0		15.6	0.27

第1図-E

ターゲット〔合金ターゲット 組成(原子%) + Ptチップ (表面占有面積比(%))〕	薄膜組成(原子%)	膜厚 (nm)	H_c^L (Oe)	H_c^H (Oe)	H_k^L (kOe)	H_k^H (kOe)	$4\pi M_s$ (kG)	M_r/M_r^H
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.0}Ni_{8.0}Pt_{11.0}$	805	400	650	10.8		14.7	0.32
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ni_{9.0}Pt_{11.0}$	780	550	400	13.8		13.7	0.09
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ni_{9.0}Pt_{11.0}$	815	900	400	11.8		12.8	0.19
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ni_{9.0}Pt_{11.0}$	910	700	500	10.8		11.8	0.16
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{91.0}Ni_{8.0}Pt_{11.0}$	480	1800	700	10.5	17.5	13.8	1.33
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ni_{9.0}Pt_{11.0}$	615	1600	850	10.5	16.5	13.3	1.33
$Co_{90}Ni_{10} + Pt_{10}$	$Co_{90.0}Ni_{9.0}Pt_{11.0}$	710	1200	900	11.5	4.5	12.9	0.17

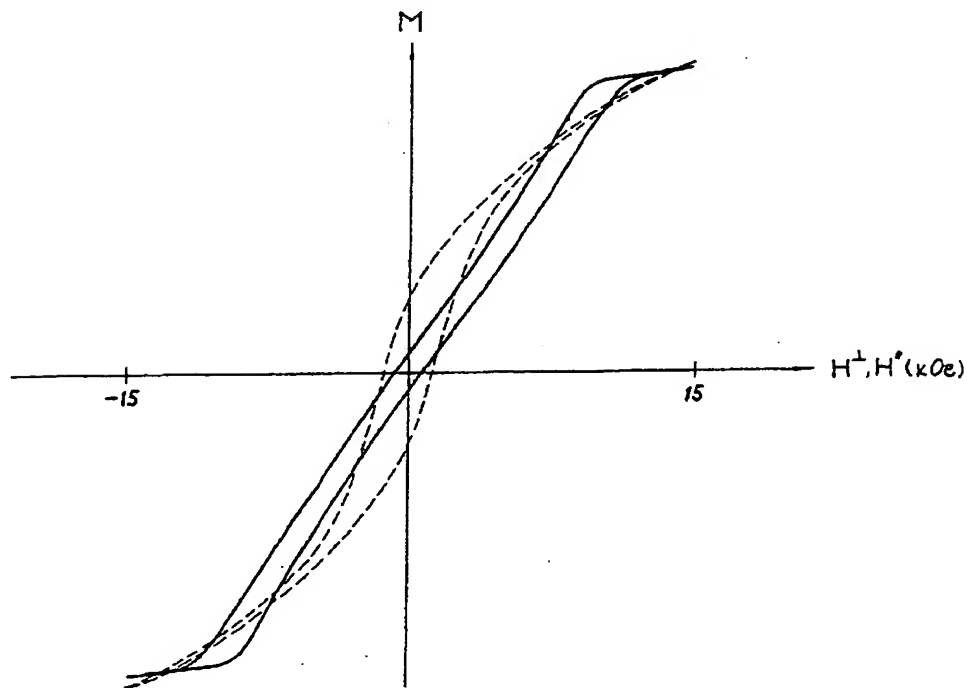
磁気特性の測定結果を示す表

第1図-F



記号の定義を示す磁化曲線のモデル図

第 2 図



M-H 曲線図

第 3 図

THIS PAGE BLANK (USPTO)